Název projektu: **Automatizace výrobních procesů ve strojírenství a řemeslech**
Registrační číslo: **CZ.1.07/1.1.30/01.0038**
Příjemce: SPŠ strojnická a SOŠ profesora Švejcara Plzeň, Klatovská 109

Monitorovací indikátor: **06.43.10 Počet nově vytvořených/inovovaných produktů**
Akce: **Přednáška, KA 5** Číslo přednášky: **13**
Téma: **TECHNOLOGIE VÝROBY PLASTŮ**
Lektor: **Ing. Tomáš Kůgel**
Třída/y: **2ST, 3ST, 4ST, 2MSA, 1MSB**
Datum konání: 20. 11. 2013
Místo konání: **velká aula**
Čas: **4. a 5. hodina**; od 10:55 do 12:35

POLOTOVARY Z PLASTŮ A JEJICH ÚPRAVA

Následující kapitoly jsou obecným přehledem nejdůležitějších technologií, které mají nepřímou souvislost se svařováním plastů. Jejich cílem není podrobně postihnout celou problematiku výroby a zpracování plastových polotovarů. Ale protože některé plastové polotovary jsou dále využívány pro svařování, jsou v této části publikace kapitoly zaměřené na zhotovení polotovarů pro svařování a jejich úpravu před svařováním.

3.1 Průmyslová výroba a zpracování polotovarů

Polotovary jsou nepostradatelné pro všechny metody svařování i další technologie zpracování plastů. Nejčastěji používanými polotovary v praxi jsou: trubky, profily, desky a fólie. Polotovary se vyrábějí technologickými postupy na strojích, které byly původně přebírány z příbuzných odvětví, hlavně z technologie zpracování kaučuku. Z nich se, vzhledem ke specifickým vlastnostem zpracovávaných materiálů, vyvinuly stroje jmenovitě určené pro zpracování plastů. V posledních letech se v řízení funkcí strojů uplatňuje významně automatizace, počítačové programování jednotek a robotizace potřebných mechanických a obslužných funkcí. V moderních lisovnách plastických hmot je běžné, že stroje pracují pod dozorem malého počtu pracovníků. V plně automatizovaných provozech pracují stroje již bez obsluhy a lidského dozoru. Nezřídka bývají i nutné mechanické zákroky, jako je např. výměna vstřikovacích forem nebo změna zpracovávané suroviny, prováděny pomocí robotů a řízeny automaticky. Choulostivou operací zůstává nabíhání výroby, která trvá poměrně dlouho, řádově desítky minut i déle. V době náběhu se na strojích stabilizují teploty v jednotlivých úsecích, dolaďují se časové intervaly jednotlivých pracovních kroků, tlaky a další parametry. Zde je lidský činitel stále nezastupitelný.
Zpracovatelské technologie pro výrobu a zpracování plastových polotovarů lze rozdělit do tří základních skupin:

• **Tvářecí technologie**, při nichž dochází ke značnému přemísťování částic, zásadním způsobem mění tvar výchozího materiálu. Ten je před zpracováním ve formě prášku nebo granulátu a během výrobního procesu je přeměněn na polotovar nebo finální výrobek. Nejčastěji se používají technologie vstřikování, vytlačování (extruze), lisování, válcování, odlévání, vypěňování.

Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií a státním rozpočtem České republiky

• **Tvarovací technologie**, jsou takové, při nichž nedochází k velkému přemísťování částic. Materiál je před zpracováním ve formě polotovaru a během tvarovacího procesu se mění hlavně geometricky. Nejvýznamnějšími zástupci této skupiny jsou tvarování desek, spojování plastů, obrábění, ohýbání (viz také kapitola 3.2).

• **Doplňkové technologie**, slouží jak k úpravě výchozí suroviny (prášku, granulátu) před tvářením (sušení, barvení, předehřev), tak ke konečné úpravě výrobku (potiskování, dodatečné zesíťování, pokovování).

3.1.1 Tvářecí technologie

3.1.1.1 *Vstřikování*

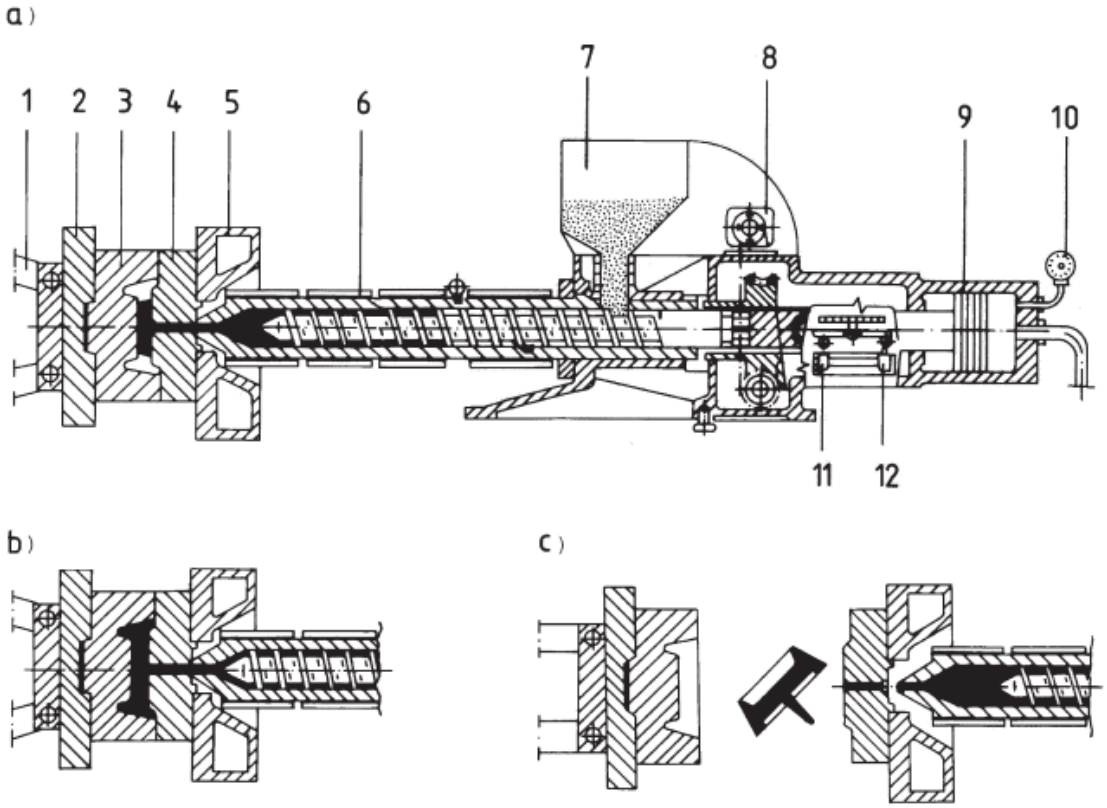
V průmyslové výrobě finálních dílů i polotovarů určených pro další zpracování, zůstává vstřikování jednou z nejpoužívanějších technologií.. Výhodou je především možnost zhotovení velmi členitých tvarů a velikostí z velkého množství termoplastických i reaktoplastických materiálů. Vyrábí se tak součásti i hotové výrobky pro spotřební průmysl, domácnost nebo automobilový průmysl. Nejmenší díly se zhotovují mikrovstřikováním, kde hmotnost vyrobených dílů se pohybuje od 0,05 do 15 gramů. Maximální velikost vstřikovaných dílů je dána velikostí vstřikovacích strojů a v dnešní době jsou možné výrobky o rozměrech 3,5 x 2,5 metru, přičemž však velikost vstřikovacích strojů stále roste. Základem výrobní metody vstřikování je forma, jejíž tvarová dutina má tvar podobný finálnímu výrobku, a speciální tvářecí stroj, tzv. vstřikolis, který je nejčastěji konstruován jako šnekový (obr. 3.1/1). Stroje staršího typu pracující na pístovém principu, se dnes už používají v lisovnách jen výjimečně nebo v kombinaci se šnekovou plastikací. Pístové stroje byly levné, ale výkonem a přesností nevyhovují dnešním požadavkům na tvarovou a rozměrovou přesnost výrobku.
Vstřikovací stroj má pevný rám, pohonný motor s převodovkou a plastikační jednotku. Narozdíl od běžné plastikační jednotky u extrudéru (viz kap. 3.1.1.2) má tato kratší šnek o délce 15–20 D (D = průměr šneku), který se kromě rotačního pohybu může i posouvat a působit jako vytlačovací píst. Materiál se při tomto postupu ohřívá na vyšší teplotu než při extruzi a při vstřikování se nachází ve viskózně tekutém stavu. Plastikační jednotka, jako celek, je na stroji umístěná pohyblivě a v příslušném výrobním taktu se přisunuje k uzavíratelné vstřikovací formě, která je ve stroji upevněna nepohyblivě.

Před začátkem vstřikovacího procesu je nutno na vstřikovací stroj připevnit vstřikovací formu, tuto vytemperovat na provozní teplotu a v plastikační jednotce připravit dostatečné množství taveniny pro výrobu daného dílu.
Vlastní proces výroby začíná uzavřením vstřikovací formy, tzv. fáze *zavírání*. Uzavírací jednotka vstřikovacího stroje přisune pohyblivou část vstřikovací formy k nepohyblivé části formy a následně formu stlačí uzavírací silou, která zabrání otevření formy během fáze vstřiku taveniny.

Ke vtokové vložce na uzavřené formě se přisune plastikační jednotka zakončená tryskou a tavenina je následně axiálním pohybem šneku vstřikována do dutiny formy, kterou zcela zaplní a zaujme její tvar. Tato fáze je obecně nazývána *vstřikování*.
Následuje fáze *dotlaku* pro snížení smrštění a rozměrových změn. Při ochlazování ve formě roztavený plast zmenšuje objem. Aby se na hotovém výrobku eliminoval vznik povrchových vad tzv. propadlin a vnitřních vad tzv. staženin (lunkrů) je nutné doplňovat do nezchladlých míst výrobku tekutý materiál. Velikost dotlaku závisí na druhu plastu a doba dotlaku je ovlivněna nejvíce tloušťkou stěny vstřikovaného dílu. Příliš malý a krátký dotlak způsobuje propadliny a staženiny. Pokud se použije dotlak vysoký vznikají problémy s vyhozením výrobků z formy a s deformacemi dílů (velké vnitřní pnutí). Dotlakem by se mělo působit pouze pokud materiál nezatuhne, delší dotlak nemá smysl a zvyšuje výrobní náklady. Vtokový kanál a ústí vtoku by tedy neměly zatuhnout dříve, než ztuhne celý objem vstřikovaného dílu.
Po skončení dotlaku nastává příprava taveniny plastu pro další vstřikovací cyklus. Tomuto pochodu se říká *plastikace* (šnekování). V plastikační jednotce se otáčí šnek a přesouvá granulovaný plast od násypky vstřikovacího stroje před čelo šneku. Při otáčení šneku dochází k tavení granulátu vlivem tření o povrch šneku a vstřikovací komory a zároveň plast přijímá teplo od vyhřívaného povrchu komory. Šnek se současně posouvá dozadu a vytlačuje zplastikovaný materiál před sebe směrem k trysce. Pokud má tryska automatický uzávěr, aby z ní tavenina nevytékala, může plastikace probíhat bez styku plastikační jednotky s formou a tím zamezit tepelnému přestupu mezi chlazenou formou a vyhřívanou tryskou. Bez uzavíratelné trysky nastává odjetí plastikační jednotky ihned po plastikaci. V případě vstřikovací formy s horkým rozvodem taveniny se odjetí plastikační jednotky od formy nepoužívá.
Poté následuje fáze *chlazení*. Během této fáze je stroj v klidu. Dochází k ochlazování plastu ve formě dokud plast nezatuhne ve finální výrobek.
V další fázi, *otevírání formy* otevře uzavírací jednotka formu podle dělicí roviny a vyrobený díl z ní vypadne, nebo je vysunut pomocí vyhazovacího systému (vyhazovače). U složitějších dílů jako jsou tvarovky pro potrubí, z dílu musí ještě vyjet jádra, která vytvářejí dutinu. Celý vstřikovací cyklus končí impulsem pro uzavření formy na výrobu dalšího dílu.

Stroje pro vstřikování se klasifikují především podle maximálního objemu materiálu, který je možno vstříknout na jeden posun šnek a maximální uzavírací sílu, kterou lze vyvinout na stlačení formy. Z těchto veličin také vychází označování některých strojů např. CS 88/63 (vstřikovací kapacita 88 cm^3 a uzavírací síla 630 kN).

Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií a státním rozpočtem České republiky



Obr. 3.1/1: Schéma vstřikovacího stroje
a – vstřikování; *b* – dotlačování; *c* – vyjmutí výstřiku z formy
1 – uzavírací mechanismus; *2* – pohyblivá upínací deska; *3* – tvárnice; *4* – tvárník;
5 – nepohyblivá upínací deska s otvorem pro trysku; *6* – vstřikovací válec; *7* – násypka;
8 – hydraulický motor pro pohon šneku; *9* – hydraulický válec; *10* – tlakoměr;
11 – koncový spínač dotlačování; *12* – koncový spínač zpětného posuvu šneku

Vstřikovací formy pro výrobky se konstruují buď jednonásobné, nebo vícenásobné. Jednonásobná forma je ideální pro přesné výlisky, u vícenásobných forem jsou potíže s rozmístněním jednotlivých tvarových dutin tak, aby forma byla technologicky i geometricky v pořádku, obzvláště při využití různých tvarových dutin v jedné formě.
Na vstřikované díly jsou kladeny požadavky na snižování ceny a růst užitných vlastností, proto vznikají nové modifikace klasické technologie vstřikování. Z nejrozšířenějších lze zmínit vícekomponentní vstřikování, kde je v jedné vstřikovací formě vyroben díl z více materiálů. Pomocí vstřikování s podporou plynu se zhotoví tlustostěnné díly s vnitřní dutinou.

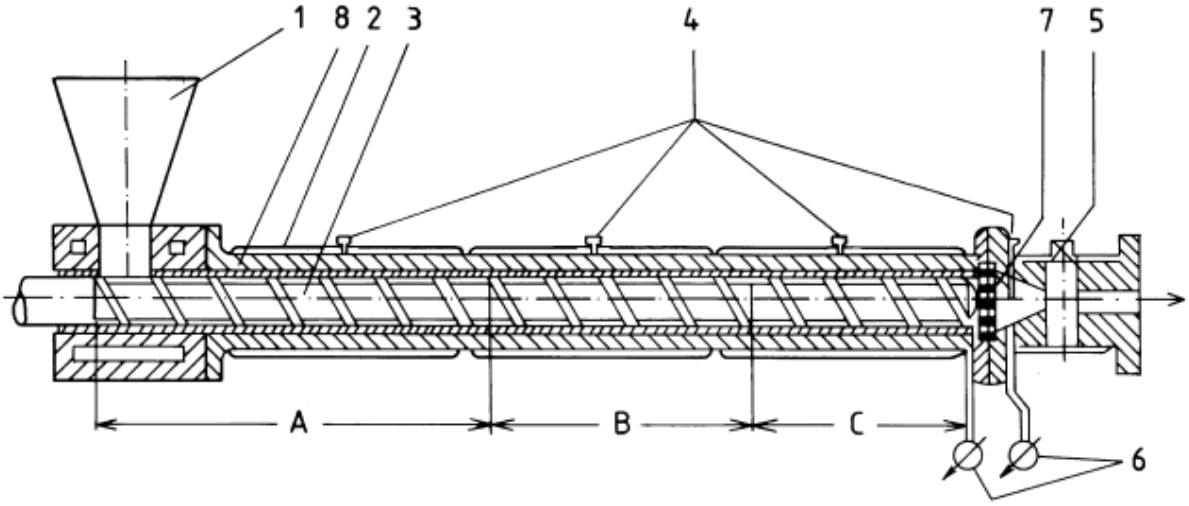
3.1.1.2 *Vytlačování*

Pomocí tohoto technologického procesu se vyrábí široký sortiment polotovarů. Nejčastěji různé typy desek, profily, dráty a trubky s konstantním průřezem (případně trubky různých průměrů), tyče plné nebo duté, profily tvaru L,U i složité několikakomorové profily, např. okenní. Trubky se vyrábějí až do průměru 1 600 mm, přičemž tloušťka stěny je omezena na 60 mm. Teprve v poslední době byly extruzí vyrobeny trubky z PE 100 s tloušťkou stěny 100 mm. Desky se běžně vyrábějí v tloušťkách cca od 1 do 60 mm a šířce až 2000 mm. Ve výrobě je i různá paleta pásků a tvarových profilů, m.j. také svařovací dráty. Vytlačováním se vyrábějí i fólie. Ty se následně zpracovávají na chladícím válci, leštící stolici, kalandru nebo ve vodní lázni. Pro izolační fólie určené pro deponie (obvyklé tloušťky 2–5 mm) je minimální požadavek na šířku 5 m, v provozu jsou však i stroje vyrábějící izolační fólie z PE široké 12 m.

Vlastní technologie se provádí na vytlačovacích strojích neboli *extrudérech*. Vytlačovací stroj se skládá z mechanicky velice pevného rámu (frémy), ve kterém je uložen pohonný elektromotor s plynule řiditelným počtem otáček a převodovka do pomala na pracovní šnek (obr. 3.1/2).

Šnek se otáčí v ocelovém válci (plastikační komora), zahřívaném v několika regulovaných zónách elektrickými topnými pásy. Na začátku komory je násypka na zpracovávaný granulát (případně přípojkou na pneumatický přívod materiálu ze zásobníku) a na opačném konci příruba pro nasazení vytlačovací hlavy. Délka šneku, udávaná jako násobek jeho průměru bývá 20 – 40 D. Šnek surovinu dopravuje od násypky do ohřívaných pásem a dále k vytlačovací hlavě. Válec, v němž se šnek pohybuje, má minimálně tři pásma, vstupní, přechodové a výstupní, každé se samostatným topením a teplotní regulací. Při průchodu válcem se materiál promíchává, homogenizuje, převádí do plastického stavu, zhutňuje (zbavuje strženého vzduchu), temperuje na potřebnou teplotu a pod tlakem vytlačuje přes tzv. lamač, provádějící další homogenizaci, do hubice. Lamač obvykle podpírá síto, zachycující případně neroztavený granulát a náhodné pevné nečistoty. Sestavě, ve které probíhají tyto pochody, se říká plastikační jednotka.

Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií a státním rozpočtem České republiky



Obr. 3.1/2: Vytlačovací stroj (extrudér) v řezu (schematicky)
A– plnící (vstupní) část (zóna); *B* – plastikační (kompresní, přechodová) zóna; *C* – vytlačovací (kompresní, výstupní) zóna
1 – násypka; *2* – elektrické odporové topení; *3* – šnek; *4* – termočlánky k měření teploty v zónách A, B, C; *5* – ventil k regulaci tlaku; *6* – snímače tlaku; *7* – lamač; *8* – válec

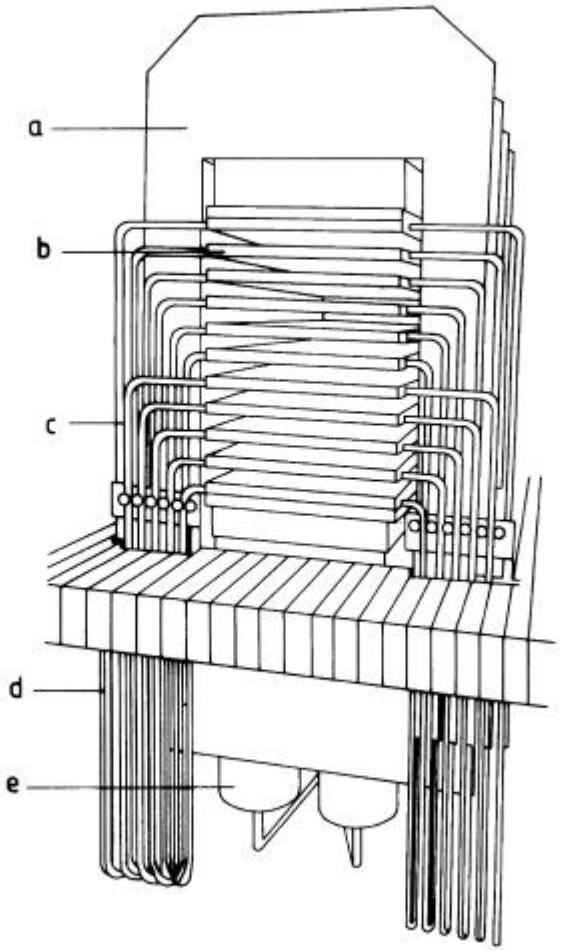
V rostoucí míře se také uplatňují dvoušnekové extrudéry, ve kterých pracují v komoře tvaru ležaté osmičky dva šneky otáčející se souhlasným směrem nebo protiběžně, jejichž závity do sebe zasahují. Takové stroje mají podstatně větší míchací účinek a hodí se nejen pro homogenizaci regenerátu, ale i pro materiály získávané z několika složek přímo v extrudéru (PVC-směsi).
Určitou nevýhodou této konstrukce je menší pravidelnost dopravy a výtoku taveniny. Používají se i dvoušnekové stroje, jejichž šneky mají kuželový tvar zužující se směrem k vytlačovací trubici.
Za vytlačovací hubicí se polotovar povrchově ochlazuje např. vodní mlhou, aby snesl další manipulaci. Pak prochází kalibračním zařízením, ve kterém se upraví na přesné povrchové rozměry. Následuje chlazení průchodem vodní lázní, řezání na transportní délky, případně navíjení do kotoučů a balení. U trubek se před řezání zařazuje ještě normami předepsaný potisk prováděný vhodnou tiskovou technikou, horkým razidlem nebo laserem. Extrudéry se vyrábějí v různých velikostech. Jsou charakterizovány průměrem šneku (běžně 12–150 mm, ale u speciálních strojů i podstatně výše) a od něho odvislým množstvím zpracovaného materiálu za časovou jednotku. Směrodatným je požadavek na pokud možno krátké zdržení materiálu ve stroji (obvykle do 10 min.), protože jinak se materiál teplotou může degradovat. Výkon stroje se dá v podstatě lineárně regulovat otáčkami šneku až v poměru 1:6.

3.1.1.3 *Lisování*

Lisování je jedna z technologií, která nemá pro polotovary určené ke svařování tak zásadní význam, protože se zabývá hlavně zpracováním reaktoplastů, částečně i desek z termoplastů větších tloušťek. Samotná technologie probíhá podle jednotného schématu. Materiál je vložen do lisovacího stroje, slisován a ohřát na teplotu tvrzení v případě reaktoplastů nebo na teplotu blízkou oblasti měknutí u termoplastů. Podle toho, jaké je složení jednotlivých vrstev, vznikají charakteristické vlastnosti materiálu. Pro zpevnění materiálu se často využívají různé zpevňující prvky (např. skelná vlákna, uhlíková vlákna). Pro zvýšení efektivnosti výroby se v praxi nejčastěji používá etážový lis, který mívá 10–15 etáží o plochách až 15 m^2. Šířka a délka desek jsou omezeny velikostí lisu. V případě lisování tlustých desek bývá v etáži po jedné, při lisování tenčích, bývá v etáži až 10 desek oddělených plechy, které mohou být pro docílení lesklého povrchu výrobků leštěné (obr. 3.1/3). V případě termoplastů se můžeme setkat s deskami z recyklovaných materiálů z PET lahví nebo s tetrapak obaly. Desky z čistého materiálu jsou méně rozšířené.

3.1.1.4 *Válcování*

Válcování má význam pro výrobu nekonečných pásů fólií v tloušťkách obvykle od 0,17 do několika mm (u PVC-U do 0,6 mm). Používá se především pro PVC-U i PVC-P a je to klasická metoda převzatá z průmyslu kaučuku. Pracuje se na strojích – *kalandrech* – které mají nejčastěji 4 otáčející se válce. Do štěrbiny mezi první dva z válců se dávkuje materiál obvykle z plastikačního stroje (extruderu). Válce rotují proti sobě s nepatrným skluzem, na dalších válcích se dociluje hladkého povrchu (případně se vlisuje vzorování – tzv.desén) a předepsané rovnoměrné tloušťky. Z fólií vyrobených z PVC-U se pak slisováním získávají desky (viz kap. 3.1.1.3), z fólií z PVC-P se mohou vyrábět např. podlahové krytiny a to slisováním nejméně tří fólií různých požadovaných vlastností na válcovém lisu.



Obr. 3.1/3: Etážový lis
a – rámový stojan; *b* – lisovací desky; *c* – trubky pro přívod chladicího a topného média;
d – hadice pro přívod chladicího a topného média; *e* – lisovací válec

3.1.1.5 *Odlévání*

Odlévání je pochod, při kterém se vyplňuje forma kapalným materiálem. Podle způsobu technologie ho rozdělujeme na atmosférické, podtlakové, přetlakové, odstředivé nebo polymerační. Materiálem pro tuto výrobu jsou tzv. licí pryskyřice (fenol-formaldehydové, epoxidové, polyesterové), tj. reaktoplasty.

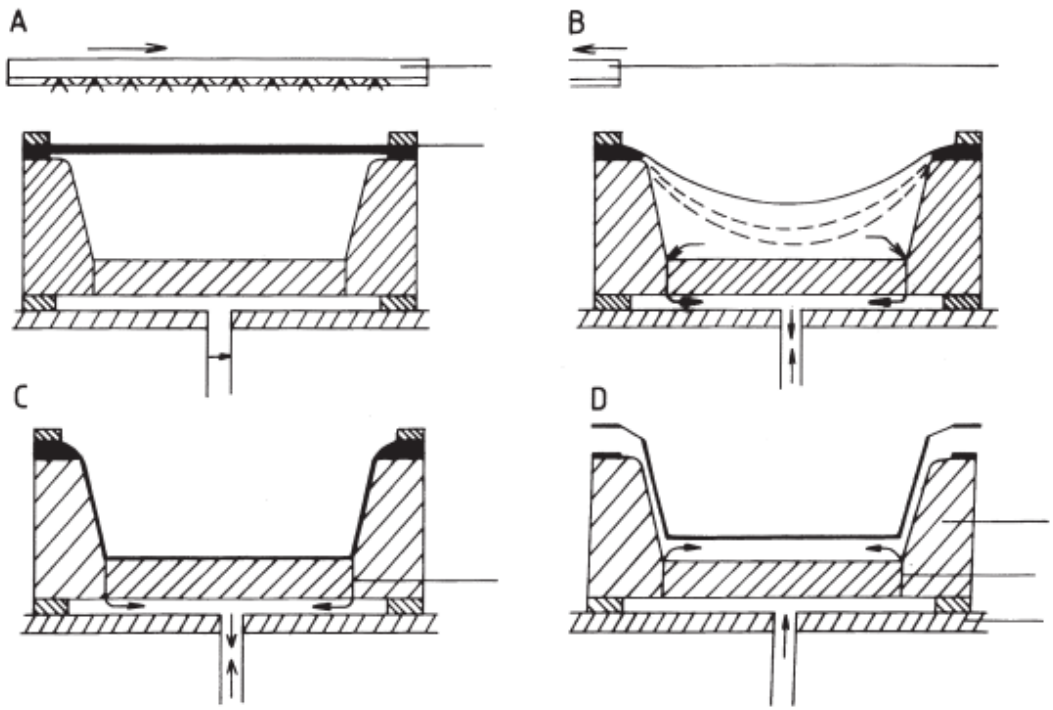
Termoplasty se využívají při tzv. polymeračním odlévání, kde polymerační reakce proběhne za vhodných podmínek přímo ve formě. Polymeračním odléváním se vyrábějí např. desky z PMMA, přičemž forma je tvořena deskami ze zrcadlového skla a polymerace probíhá přímo v reakční směsi tvořené monomerem s přídavkem katalyzátoru. Polymeračním odléváním se vyrábějí i díly z polyamidu 6, tzv. alkalickou polymerací. Při tomto pochodu přísně bezvodá

směs roztaveného kaprolaktamu s jeho sodnou solí a vhodným iniciátorem polymeruje pod bodem tuhnutí polyamidu (213 °C) během několika minut.
Polymerační a odstředivé odlévání se využívají i při výrobě dílů tzv. rotačním (odstředivém) odlévání, kdy forma rotuje podle dvou nebo více os, případně ve vhodně ohřívaném prostoru.
Podobnou technologií je rotační natavování, kdy se zpracovávají práškové nebo granulované plasty, např. PE a je tak možno vyrobit třeba dutou uzavřenou kouli. Takto vyrobené duté koule z derivátů celulosy se často používají (po vyříznutí malého otvoru) jako součásti osvětlovacích těles.

3.1.1.6 *Tvarování polotovarů*

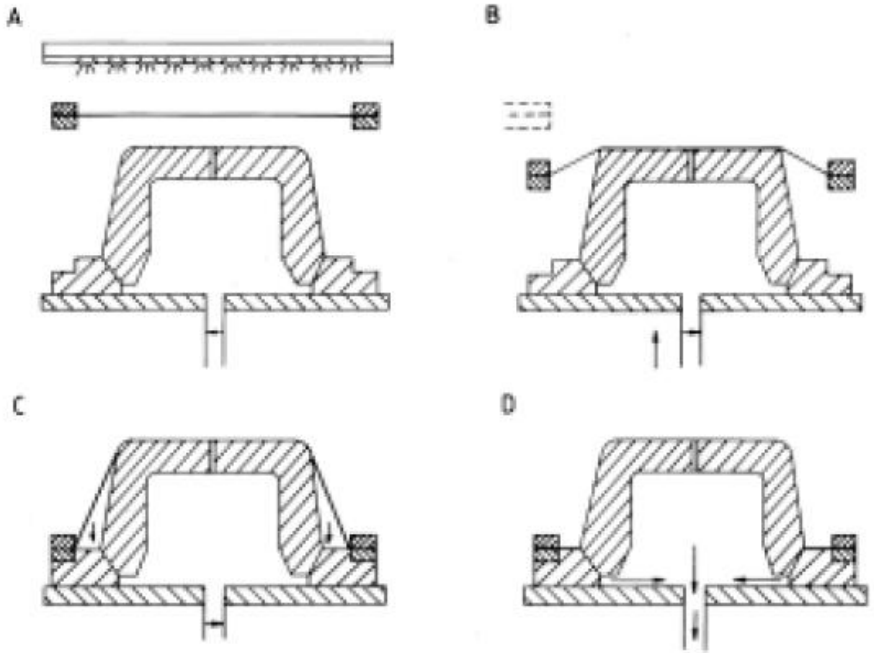
Tvarováním se rozumí výrobní postup, při kterém se z výchozího polotovaru vyrábí díl jiného tvaru bez většího přemísťování částic hmoty. Pochod se provádí většinou za zvýšené teploty a pro tvarování se používá buď mechanické síly, nebo se využívá podtlaku či přetlaku. Výhodou je snadná výroba tvarovacích forem z celkem nenáročných materiálů (pro velké formy např. na koupací vany vyhoví kombinace betonu a licí pryskyřice), možnost výroby velikých dílů a použití různých druhů materiálů pro tvarování. Pochody se hodí pro malé a střední výrobní série i pro kusovou výrobu. Formy je obvykle možné snadno upravit, takže nečiní potíže vyhovět módním trendům nebo požadavkům exkluzivního zákazníka. Nevýhodou technologie tvarování je velký technologický odpad a nevelká přesnost.

Tvarovací technologie lze rozdělit podle způsobu tvarování na:
– podtlakové (vakuum)
– přetlakové (0,2–1 MPa)
–mechanické (používá se dvoudílná forma a vyšší tlaky, v případě potřeby je možná kombinace s oddělením od zbytku polotovaru)
– kombinované
podle tvaru formy na:
– negativní (tvarování do tvárnice)
– pozitivní (tzv. na tvárník)
Negativní způsob tvarování se provádí nejčastěji pomocí vakua, které je vytvořeno mezi polotovarem (většinou deskou) a tvarovou dutinou, která má tvar výrobku (obr. 3.1/4). Vlastní proces probíhá tak, že deska polotovaru se hermeticky upne do rámu stroje. Přisune se ohřívací zařízení a po provedení ohřevu se odsune. Poté je z prostoru mezi formou a deskou odsát vzduch. Pomocí atmosférického tlaku dochází ke tvarování ohřátého polotovaru. Tažení probíhá jen na volné části desky a končí, když se deska dotkne formy a tím se ochladí natolik, že už ji nelze táhnout. Použití je vhodné pro mělké výtažky h/d 0,4 (hloubka / průměr). Nevýhodou je nerovnoměrnost tloušťky stěn výtažku (ztenčení rohů, především u dna).
Při tvarování hlubokých tvarů je nutné před vlastním tvarováním provést ještě mechanické nebo pneumatické předtvarování.



Obr. 3.1/4: Negativní způsob
A – předehřev; *B* – odsávání; *C* – dotvarování; *D* – vyjmutí

Pozitivní způsob tvarování se provádí pomocí tvárníku, který působí na předehřátou desku (obr. 3.1/5). Vlastní proces probíhá obdobně jako u předcházejícího způsobu. Deska se upne do rámu stroje a provede se prohřev, poté se začne s vtlačováním tvárníku a k úplnému dotlačení dojde až po vytvoření podtlaku pod deskou. Pro zvýšení kvality výtažků lze použít pneumatické předtvarování.



Obr. 3.1/5: Pozitivní způsob
A – předehřev; *B* – počátek tvarování; *C* – dotvarování mechanické; *D* – dotvarování odsátím

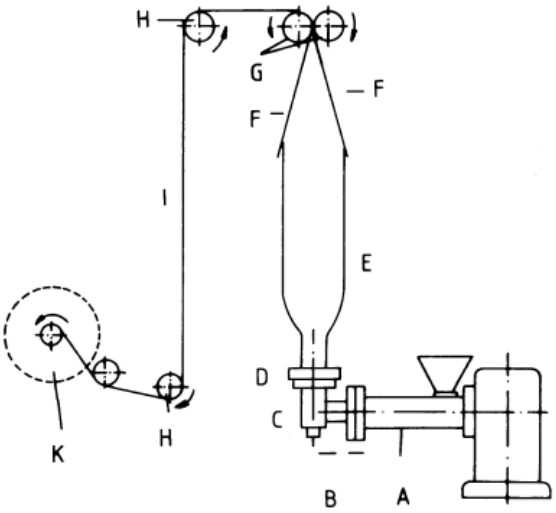
Při vysokých požadavcích na kvalitu výtažku se používají různé kombinace základních metod, např. negativní způsob s postupným pneumatickým a mechanickým předtvarováním.

3.1.1.7 *Vyfukování*

Vyfukování je velmi zajímavá produktivní technologie používaná především pro výrobu lahví, nádržek a podobných dílů. V zásadě se postupuje tak, že hadice (tzv. parison) vytlačovaná ze svisle postavené hlavy extruderu se v poměrně jednoduché formě oddělí a nafoukne přetlakem vzduchu (vytlačovací vyfukování). Při výrobě lahví se často se pracuje i tak, že předlisek (tzv. preforma), vyrobený vstřikováním často v cizím závodu, se vhodným způsobem ohřeje (UV zářičem, plamenem) a podobně jako u předchozího způsobu se rozfoukne stlačeným vzduchem ve formě. Vyfukování je proces velmi produktivní a prakticky bezodpadový. Vyfukováním se vyrábějí např. benzinové nádrže pro automobily při použití vhodně antistaticky upraveného PP, nádržky pro brzdovou kapalinu a ostřikovače skel a další součásti. Je to i vhodná technologie pro výrobu hraček, zvláště většího objemu jako jsou dětská autíčka, motocykly, atd. (obr. 3.1/7).

Jiné použití vyfukovací technologie je při výrobě tenkých fólií. Speciální vytlačovací hlavou se vytlačuje široká tenkostěnná hadice, která se bezprostředně za hubicí rozfukuje vzduchem přiváděným do hubice na několikanásobně větší průměr. Současně se protahuje do délky, takže výsledkem je hadice („rukáv“) z převážně podélně orientované fólie (obr. 3.1/6).

Zcela běžné jsou fólie z několika vrstev, používané především na vakuové balení potravin (uzenin, sýrů). Bývají složeny z vrstvy PA, která zaručuje velkou pevnost, a vrstvy PE, která umožňuje bezproblémové svařování.
Protože však PA a PE se spolu nespojují, vkládá se mezi ně ještě vrstva tzv. primeru, která obě vrstvy pevně spojí. Takto konstruovaná fólie není dokonalá: PA natahuje ze vzduchu vlhkost a roztahuje se, takže taková fólie se kroutí, což znesnadňuje její zpracování. Proto se dnes pracuje zpravidla tak, že PA vrstva je uzavřena mezi dvěma vrstvami PE. K tomu ovšem zase přistupují dvě vrstvy primeru, takže fólie je vlastně pětivrstvá.



Obr. 3.1/6: Schéma vyfukování fólií
A – extrudér; *B* – přívod vzduchu;
C – vyfukovací hlava;
D – chlazení; *E* – plastová hadice;
F – vodící plechy;
G – stlačovací válce;
H – obracecí válce;
I – na dvojato složená fólie;
K – navíjející zařízení s napínacím válcem

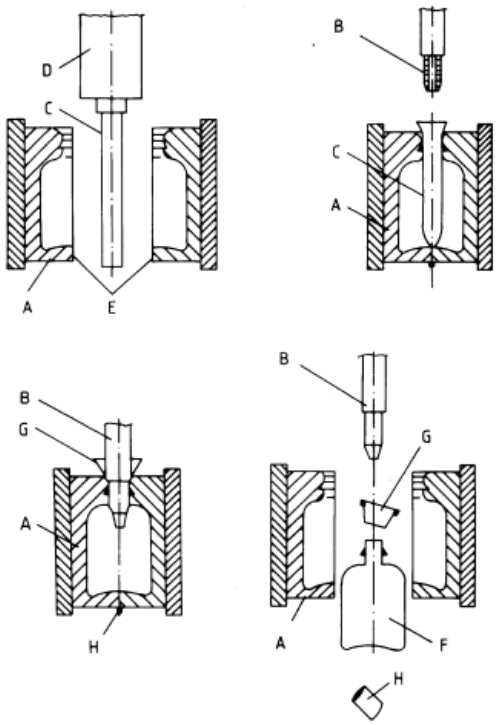
3.1.2 Doplňkové technologie

3.1.2.1 *Sintrování*

Sintrováním (spékáním) se vyrábějí díly z prášků těžko tavitelných materiálů (PTFE, PE-UHMW). Prášek volně nasypaný do formy nebo lehce slisovaný se zahřívá, obvykle v ochranné atmosféře až do slinutí. Hotové výrobky obsahují určité procento pórů. Pro některé důležité termoplasty je to vlastně jediná zpracovatelská metoda.

3.1.2.2 *Vířivé nanášení*

Vířivé nanášení se používá především pro kovové materiály. Díl, který se má povlékat, se zahřeje na sintrovací teplotu plastu a ponoří se do nádoby, ve které se nachází prášek plastu, uváděný do víření ve vznosu vhodným ochranným plynem. Prášek se usazuje na ohřátém dílu a vytváří postupně izolační vrstvu. Používá se PE, PA, PE/PVAL a další materiály, především jako antikorozní nebo kluzná, případně i izolační úprava.



Obr. 3.1/7: Schéma vyfukování lahví
A – vyfukovací forma; *B* – kalibrační trn; *C* – hadice; *D* – hadicová hlava; *E* – mačkací hrana; *F* – vyfouknutý díl; *G* – horní odstřižek; *H* – dolní odstřižek

3.1.2.3 *Nanášení práškového plastu plamenem*

Nanášení práškového plastu plamenem je metoda používaná opět pro přípravu antikorozních, případně kluzných vrstev na kovových součástech. Do plynového hořáku se spolu se vzduchem fouká prach vhodného termoplastu, v plameni se nataví a naráží spolu s ním na povlékaný předmět. Použitý termoplast je pochopitelně více tepelně a oxidačně namáhán než při sintrování ve vznosu. Některé polymery to snášejí velmi dobře (PTFE, PE/PVAL) a dokonce dobře přilnou i na nekovové materiály, jako je např. dřevo nebo papírová lepenka, ze kterých pak vznikne nový konstrukční materiál.

Tento projekt je spolufinancován Evropskou unií a státním rozpočtem České republiky